

PRODUCTION OF ROLLED SILICON STEEL SHEET

Patent number: JP2000144248
Publication date: 2000-05-26
Inventor: YAMASHITA OSAMU; MAKITA AKIRA; SAIGO TSUNEKAZU; SEKIDO MASAKATSU; ISHII YASUSHI; NORO YOSHIHISA
Applicant: SUMITOMO SPEC METALS;; SHIMIZU SHOKUHN KAISHA
Classification:
- **International:** C21D8/12; B22F1/00; B22F3/00; B22F3/18; C22C38/00
- **European:**
Application number: JP19980311809 19981102
Priority number(s): JP19980311809 19981102

Report a data error here

Abstract of JP2000144248

PROBLEM TO BE SOLVED: To execute rolling for silicon steel having a specified Si content by kneading silicon steel metal powder with agar in which sol-gel transformation occurs and water as a binder, executing sintering after molding to produce a sintered body having the not more than the specified average crystal grain size and specified thickness and executing rolling. **SOLUTION:** A kneaded material is sintered to produce a sintered body with ≤ 300 average crystal grain size and ≤ 5 mm thickness, which is rolled to a required thickness to obtain silicon steel in which the content of Si is controlled to ≥ 3 , preferably, to 10 wt.%. The amt. of agar to be added is preferably controlled to 0.6 to 4.0 wt.%. The amt. of water to be used mixedly with the agar is preferably controlled to 7 to 15 wt.%, and when forming the binder, the temp. is desirably controlled to 92 to 96 deg.C at which the agar is sufficiently melted, but, desirably, the kneading temp. with the metal powder is controlled to 60 to 65 deg.C, and the extrusion molding temp. is controlled to 50 to 55 deg.C. The sintering temp. differs in accordance with the compsn., average grain size, raw material powder, but is generally controlled to 1150 to 1300 deg.C, and it is executed preferably in a gaseous hydrogen atmosphere or in a vacuum.

Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-144248

(43)Date of publication of application : 26.05.2000

(51)Int.Cl.

C21D 8/12

B22F 1/00

B22F 3/00

B22F 3/18

C22C 38/00

(21)Application number : 10-311809

(71)Applicant : SUMITOMO SPECIAL METALS CO LTD
SHIMIZU SHOKUHN KK

(22)Date of filing : 02.11.1998

(72)Inventor : YAMASHITA OSAMU
MAKITA AKIRA
SAIGO TSUNEKAZU
SEKIDO MASAKATSU
ISHII YASUSHI
NORO YOSHIHISA

(54) PRODUCTION OF ROLLED SILICON STEEL SHEET

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To execute rolling for silicon steel having a specified Si content by kneading silicon steel metal powder with agar in which sol-gel transformation occurs and water as a binder, executing sintering after molding to produce a sintered body having the not more than the specified average crystal grain size and specified thickness and executing rolling.

SOLUTION: A kneaded material is sintered to produce a sintered body with ≤ 300 average crystal grain size and ≤ 5 mm thickness, which is rolled to a required thickness to obtain silicon steel in which the content of Si is controlled to ≥ 3 , preferably, to 10 wt.%. The amt. of agar to be added is preferably controlled to 0.6 to 4.0 wt.%. The amt. of water to be used mixedly with the agar is preferably controlled to 7 to 15 wt.%, and when forming the binder, the temp. is desirably controlled to 92 to 96°C at which the agar is sufficiently melted, but, desirably, the kneading temp. with the metal powder is controlled to 60 to 65°C, and the extrusion molding temp. is controlled to 50 to 55°C. The sintering temp. differs in accordance with the compsn., average grain size, raw material powder, but is generally controlled to 1150 to 1300°C, and it is executed preferably in a gaseous hydrogen atmosphere or in a vacuum.

LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the
examiner's decision of rejection or application
converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of
rejection][Date of requesting appeal against examiner's decision
of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2000-144248
(P2000-144248A)

(43) 公開日 平成12年5月26日 (2000.5.26)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テマコード* (参考)
C 2 1 D 8/12		C 2 1 D 8/12	A 4 K 0 1 8
B 2 2 F 1/00		B 2 2 F 1/00	Y 4 K 0 3 3
3/00		3/18	
3/18		C 2 2 C 38/00	3 0 3 U
C 2 2 C 38/00	3 0 3	B 2 2 F 3/00	E
審査請求 未請求 請求項の数 2 O L (全 7 頁)			

(21) 出願番号 特願平10-311809

(22) 出願日 平成10年11月2日 (1998.11.2)

(71) 出願人 000183417
住友特殊金属株式会社
大阪府大阪市中央区北浜4丁目7番19号
(71) 出願人 591135059
清水食品株式会社
静岡県清水市築地町11番26号
(72) 発明者 山下 治
大阪府三島郡島本町江川2丁目15-17 住
友特殊金属株式会社山崎製作所内
(74) 代理人 100073900
弁理士 押田 良久

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 圧延珪素鋼板の製造方法

(57) 【要約】

【課題】 Si含有量が3wt%以上の珪素鋼の圧延を実現し、得られた圧延素材をそのまま連続で均一に冷間圧延できる、圧延珪素鋼板の製造方法の提供。

【解決手段】 出発原料としての珪素鋼金属粉末を用い、該原料粉末に寒天バインダーを添加し、押出成形、焼結して粉末冶金的に作製した板状焼結体の平均結晶粒径を300 μ m以下にすることにより、圧延時に結晶粒界のすべり変形の後、粒内すべり変形が起こるために、冷間圧延が可能になり、また焼き鈍し時に結晶粒の粒成長を促進させることにより、薄い鋼板の磁気特性は従来の溶製材とほぼ同等になり、磁気特性の優れた珪素鋼板が作製できる。

【特許請求の範囲】

【請求項1】 珪素鋼金属粉末にゾル-ゲル変態を起こす寒天と水をバインダーとして混練し、成形後に焼結して平均結晶粒径 $300\mu\text{m}$ 以下の厚み 5mm 以下の焼結体を作製し、これを所要厚みに圧延する圧延珪素鋼板の製造方法。

【請求項2】 珪素鋼金属粉末にゾル-ゲル変態を起こす寒天と水をバインダーとして混練し、成形後に焼結して平均結晶粒径 $300\mu\text{m}$ 以下の厚み 5mm 以下の焼結体を作製し、これを所要厚みに圧延した後、焼き鈍しを施す圧延珪素鋼板の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、冷間圧延の困難な高Si含有珪素鋼板の冷間圧延を可能にする製造方法に係り、寒天バインダーを用いることにより、厚み 5mm 以下の薄板状の焼結体を作製可能となり、また予め平均結晶粒径が小さくしておくことにより、結晶粒界の滑り性を向上させて、そのまま冷間圧延を可能にした圧延珪素鋼板の製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】現在、圧延珪素鋼板のほとんどは、Fe中のSi含有量 $3\text{wt}\%$ 以下の溶解塊に熱処理、熱間圧延、焼き鈍しの工程を繰り返し施して作製されており、特にFe中にSiを $3\text{wt}\%$ 以上含有する珪素鋼板の圧延は、従来から圧延時のワレ発生により困難とされてきた。

【0003】このため、Mn, Ni等の磁性不純物を添加して溶解塊の平均結晶粒径を微細化して圧延する方法(K. Narita and M. Enokizono : IEEE. Trans. Magn. 14(1978)258)も提案されたが、これらの磁性不純物が珪素鋼板の磁気特性を低下させるという問題があり、汎用されるには至らなかった。

【0004】また、Fe中にSiを $3\text{wt}\%$ 含有する溶解塊を従来工程で圧延後、CVD(Chemical Vapor Deposition)法によりSiを含浸させて、所望の組成を有する珪素鋼板、例えばSi含有量 $6.5\text{wt}\%$ の珪素鋼板を作製する方法(Y. Takaoka, M. Abe, S. Masuda and J. Inagaki : J. Appl. Phys. 64(1988)5367.)も提案、実施されているが、CVD法に多大の工程を要してコストが高く、その用途は自ずと限定されている状況である。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】一般に、Fe中に $3\text{wt}\%$ 以下のSiを含有する珪素鋼の溶解塊の平均結晶粒径は数 mm 以上あり、圧延による塑性変形は主に各結晶粒内のすべり変形によって起きている。

【0006】しかし、Si含有量が $3\text{wt}\%$ を超える場合には、結晶粒そのものが非常に硬くまた脆くなるために、数 mm 以上の平均結晶粒径を有する珪素鋼の溶解塊では、熱間圧延あるいは冷間圧延を問わず圧延時にヒビ、ワレが発生しやすくなり、圧延自体ほとんど不可能であった。

【0007】この発明は、従来不可能であるとされていたSi含有量が $3\text{wt}\%$ 以上の珪素鋼の圧延を実現することを目的とし、そのため、従来の如く溶解塊を熱処理、熱間圧延、焼き鈍しの工程を繰り返すことなく、得られた圧延素材をそのまま連続で均一に冷間圧延できる、圧延珪素鋼板の製造方法の提供を目的としている。

【0008】

【課題を解決するための手段】発明者らは、冷間圧延性の良好な珪素鋼の製造方法について種々検討した結果、平均結晶粒径のサイズに着目し、従来の溶融徐冷した珪素鋼よりも微細化した平均結晶粒径の鋼材を作製し、冷間圧延することにより圧延が可能であり、また特に該鋼材の板厚を 5mm 以下とし、さらに平行度を 0.5mm 以下とすることによって比較的容易に圧延できることを知見した。

【0009】粉末冶金的手法としては、金属射出成形、圧粉成形方法やまたホットプレスやプラズマ焼結等の熱間加工成形法により作製する方法等があるが、いずれも成形コストが高く、しかも $200\text{mm}\times 50\text{mm}$ 以上の大きさの大型の平板を作製することが困難であり、実用化に問題があった。

【0010】そこで、発明者らは、成形性にすぐれた大型の成形体を作製できる粉末冶金的手法について種々検討した結果、珪素鋼金属粉末に寒天バインダーを添加し加熱混練した混練物は、非常に流動性に優れるために $70\text{kg}/\text{cm}^2$ 以下の低圧力で押出成形でき、しかも成形体は平行度に優れ、焼結後の変形が少ないことを知見し、さらに、押出成形後に焼結して微細な平均結晶粒径を有する焼結珪素鋼板を作製でき、そのまま連続で均一に冷間圧延できることを知見し、この発明を完成した。

【0011】すなわち、この発明は、新規な圧延珪素鋼板の製造方法であって、珪素鋼原料粉末に所定温度によりゾル-ゲル変態を起こす寒天と水を主成分とするバインダーを添加し、加熱混練した後、押出成形、焼結して微細な平均結晶粒径を有する焼結珪素鋼板を作製することにより、結晶粒界の滑り性を著しく向上させることが可能で、冷間圧延を可能にすると同時に非常に薄い板厚で、低コストでしかも非常に優れた磁気特性を有する圧延珪素鋼板が得られることを特徴とする。

【0012】

【発明の実施の形態】使用原料

この発明において、珪素鋼の成分としては、従来、Siの含有量が $3\text{wt}\%$ 以上では圧延できなかったことから、Fe中のSiの含有量を $3\text{wt}\%$ 以上とするが、 $10\text{wt}\%$ を超えると材料の磁束密度の低下が著しいため、 $3\sim 10\text{wt}\%$ の所要組成からなる材料を主に対象とする。

【0013】この発明において、冷間圧延後の焼き鈍し時の結晶粒径の粒成長を促進するために、珪素鋼素材の不純物元素としてTi, Al, Vを $0.01\sim 1.0\text{wt}\%$ 添加すると、磁気特性の良好な圧延珪素鋼板が得られ、添加成分、添加量

は用途に応じて適宜選定するとよい。

【0014】原料粉末は公知のいずれの粉末をも用いることが可能であり、例えば、該成分を含有したガスアトマイズ粉もしくは水アトマイズ粉、また、還元鉄粉などのFe粉末の表面にSi粉末を機械的に被覆させた複合粉末あるいはその逆の複合粉末や、Fe粉末に被覆したSi粉末にカーボニル鉄粉などを再被覆した複合粉末、さらには、Fe-Si化合物粉末とFe粉末を混合した混合粉も採用できる。

【0015】上記の複合粉末の製造には、例えば、奈良機械(株)製のハイブリダイゼーションシステム、ホソカワミクロン(株)製のメカノフュージョンシステムなどが採用できる。Fe-Si化合物のSi含有量としては、20～51wt%が好ましい。

【0016】Si含有量がこれを超えると非常に酸化しやすくなり、特に寒天バインダーとの混練時に水と酸化反応を起こして焼結後の残留酸素量が増加し、冷間圧延時のヒビ、ワレの原因になったり、また磁気特性の劣化の原因になったりする。また、平均粒度は3～100 μm が最も望ましい。

【0017】混練・押出成形

珪素鋼金属粉末に添加するバインダーとしての寒天の添加量は、0.6～4.0wt%が好ましい。その添加量が0.6wt%未満になると押出成形時の強度が著しく低下するとともに、押出圧力が高くなり好ましくなく、また添加量が4.0wt%を超えると焼結後の残留炭素量と酸素量が増加して焼結密度が低下するので好ましくない。

【0018】寒天と混合して用いる水の添加量は7～15wt%が好ましく、7wt%未満では押し出し成形時の流動性が悪くなり、所望する平坦度を有する成形品を得られない。また、15wt%を超えると成形品の密度が低下し、ひいては焼結品の焼結収縮率が大きくなったり、焼結品中に含まれる残留炭素量が多くなる。従って、より好ましくは9～12wt%である。

【0019】粉末寒天と水からなるバインダーと所定の成分を含有する金属粉末の混練は金属粉末の酸化を少なくするため、バインダーがゲル化しない温度で可能な限り低温が望ましい。同様の理由で、押し出し成形温度も良好な成形品が得られる範囲内で可能な限り低温が望ましい。従って、粉末寒天と水からなるバインダーを作成する時は寒天が十分に溶解する92～96 $^{\circ}\text{C}$ が望ましいが、金属粉末との混練温度は60～65 $^{\circ}\text{C}$ 、押し出し成形温度は50～55 $^{\circ}\text{C}$ が望ましい。

【0020】焼結珪素鋼

一般に珪素鋼粉末は、Siを含有するために非常に酸化しやすく、バインダーを構成する水分に溶存する酸素と結合したり、水酸化物を生成しやすいので、押し出し成形体は可能な限り速やかに低温で真空乾燥してから真空もしくは水素ガス雰囲気中で焼結することが望ましい。特に酸化や炭化した焼結体は硬く、脆くなるので、冷間圧

延すると、ヒビ、ワレが発生すると同時に焼き鈍し後の磁気特性も著しく低下する。このために焼結体中に含まれる酸素量と炭素量はそれぞれ2000ppmと100ppm以下が望ましい。

【0021】焼結温度は、組成、平均粒度、原料粉末によって異なるが、一般的には1150 $^{\circ}\text{C}$ から1300 $^{\circ}\text{C}$ の温度で水素ガス雰囲気中、真空中で行うとよい。寒天バインダーを結合材とする金属粉末やセラミック粉末の焼結途中でのバインダーの挙動は発明者等が特公平7-68566及び特願平5-128397の中で明らかにしている。

【0022】圧延

この発明において、珪素鋼の平均結晶粒径を300 μm 以下、圧延前の板厚を5mm以下とすることが望ましい。焼結体の厚みが5mmを超える場合には、表面のみに圧延応力(引っ張り応力)がかかり、焼結体の内部には応力がかからないため、割れが発生するが、5mm以下の場合には、表面と内部にかかる応力が均一化して圧延が可能となる。さらに珪素鋼板の板厚が1mm以下になれば、ロール径の更に小さいロールで圧延した方が、圧延効率と厚み寸法精度が向上し、しかもヒビ、ワレも発生しにくくなる傾向がある。

【0023】珪素鋼の平均結晶粒径が300 μm を超える場合には、ロール径とロール周速度に関係なく、圧延時にヒビ、ワレが発生する。また平均結晶粒径5 μm 未満の珪素鋼板の作製は、粉末冶金的な焼結法でのみ作製可能であり、それは焼結温度を下げるか、成形密度を下げて焼結する方法であるが、いずれの方法でも気孔率の高い焼結体になるので、圧延時にヒビ、ワレが発生する。

【0024】この発明において、圧延前の焼結体の相対密度を95%以上とすることが望ましい。相対密度を95%未満では圧延時にヒビ、ワレが発生する。

【0025】焼き鈍し

通常圧延珪素鋼板の焼き鈍しは、圧延時のヒビ、ワレ防止のために、何回か圧延した後に必ず行われている。この発明の珪素鋼板の焼き鈍しは、圧延完了後の磁気特性向上のために行うものである。つまり磁壁移動の障害となる結晶粒界を減らし、保磁力を低下させて透磁率の向上と鉄損の低下を目的に、結晶粒界の粗大化を狙ったものである。

【0026】この発明において、焼き鈍しの温度は、圧延率(圧延後の板厚/圧延前の板厚 $\times 100(\%)$)と圧延前の平均結晶粒径によって変わる。また、焼き鈍しの温度は、非磁性元素の添加物と添加量によっても影響されるが、小さな平均結晶粒径で圧延率の高い圧延鋼板では、1150～1250 $^{\circ}\text{C}$ が適しており、逆に大きな平均結晶粒径で圧延率の低い珪素鋼板では、1100～1200 $^{\circ}\text{C}$ のわずかに低い温度が適している。

【0027】上記の焼き鈍し温度が高すぎると、結晶粒が異常粒成長しすぎて鋼板が非常に脆くなり、逆に温度が低すぎると、粒成長しないために、磁気特性が向上しなく

なるので、上記1100～1250℃が最適温度である。上記温度での焼き鈍しによって平均結晶粒径は、約0.5～3mmにまで成長させることができる。この焼き鈍しによって通常の溶製材に近い磁気特性が得られることを確認した。

【0028】

【実施例】焼結珪素鋼板の混合原料粉末として、表1に示すような素原料粉末を表2に示す比率で混合して使用した。またガスアトマイズ粉末としては表3に示すように、各種元素を添加した粉末を使用した。

【0029】複合粉末については、表1に示したNo. 7のFe粉末とNo. 6のSi粉末を表4に示す比率で混合した後、奈良機械(株)製のハイブリダイゼーションシステムで回転羽根の周速度100m/sで10分間攪拌、混合し、Fe粉末の表面にSiを被覆させた。ついで、サンプルNo. 9、10、12の粉末については表1に示すNo. 5のFe粉末を表4に示す比率で混合した後、該ハイブリダイゼーションシステムでSi被覆の表面にさらにFe被覆した。処理後の複合粉末の平均粒度を表4に示す。

【0030】所定量の粉末寒天と加熱溶解中の蒸発減量分を考慮した所定の水を混合し、92～96℃に加熱して撹拌しながら粉末寒天を完全に溶解して寒天バインダーを調整

した。このバインダーの温度を60～65℃まで下げ、表2と表3に示す原料粉末を分割添加して十分に混練して混練物を作成した。この混練物を50～55℃に保温した押し出し成形機のホッパーに投入して、成形口金の温度を25～30℃に保持して該混練物を押し出して成形品とした。さらに、該成形品を10℃に保持した真空乾燥機中で完全に脱水乾燥した。

【0031】完全脱水乾燥した成形品を表6に示す条件で焼結を行い、焼結体をまず外径60mmの2段ロールでロール周速度60mm/secで圧延率50%まで冷間圧延した後、さらに外径20mmの4段ロールにより同一ロール周速度で0.1mmまで冷間圧延した。その圧延状態を表6に示す。

【0032】また圧延後、外径20×内径10×厚み0.1mmのリングに打ち抜いて、表7に示す焼き鈍し温度で熱処理をした後、直流磁気特性と周波数5kHzでの鉄損を測定した。その結果を表7に示す。なお、表7中の圧延状態で、◎は非常に良好、○は良好、×は全面にワレ発生を表す。

【0033】

【表1】

	素原料 No.	Si 含有量 (wt%)	化合物	平均 粉末 粒度 (μ m)	微量成分(wt%)			
					残留O,C		金属元素	
					O	C	元素名	添加量
Fe-Si 化合物 粉末	1	20.1	Fe ₂ Si(β)	6.4	0.040	0.007	無	-
	2	33.5	FeSi(ϵ)	4.8	0.060	0.013	無	-
	3	33.5	FeSi(ϵ)	4.8	0.065	0.015	Al	2.60
	4	50.1	Fe ₃ Si ₂ ($\zeta\beta$)	3.5	0.075	0.020	無	-
Fe粉末	5	-	Fe	5.8	0.240	0.023	無	-
Si粉末	6	100	Si	4.8	0.128	0.067	無	-
Fe粉末	7	-	Fe	46.7	0.107	0.054	無	-

【0034】

【表2】

	サンプル No.	Si 含有量 (wt%)	微量成分		平均 粉末 粒度 (μ m)	配合重量		
			元素名 こ	含有量 (wt%)		素原料		Fe粉 (wt%)
						No.	Fe-Si (wt%)	
混 合 粉 末	1	3.0	無	-	6.0	1	14.9	85.1
	2	6.5	無	-	5.4	2	19.4	80.6
	3	6.5	Al	0.50	5.4	3	19.4	80.6
	4	10.0	無	-	4.8	4	20.0	80.0

【0035】

【表3】

	サンプル No.	Si 含有量 (wt%)	平均 粉末 粒度 (μm)	微量成分(wt%)			
				残留O,C		金属元素	
				O	C	元素名	添加量
ガスアトマイズ 粉末	5	6.5	30	0.031	0.025	無	-
	6	6.5	30	0.052	0.029	V	0.02
	7	6.5	30	0.065	0.030	Al	0.5
	8	6.5	30	0.070	0.032	Ti	1.00

【0036】

【表4】

	サンプル No.	Si 含有量 (wt%)	配合重量(wt%)			平均 粉末 粒度 (μm)
			No.7 Fe粉末	No.6 Si粉末	No.5 Fe粉末	
複合粉末	9	3.0	90.0	3.0	7.0	55.9
	10	6.5	84.5	6.5	9.0	76.2
	11	6.5	93.5	6.5	-	65.5
	12	10.0	75.0	10.0	15.0	86.4

【0037】

【表5】

	No.	サンプル No.	成形体寸法 (mm)	焼結条件		
				雰囲気	温度 ($^{\circ}\text{C}$)	時間 (h)
実 施 例	1	1	30×200×6.1	真空	1200	3
	2	2	60×200×12.2	真空	1200	3
	3	2	60×200×1.3	真空	1200	3
	4	3	60×200×1.3	真空	1200	3
	5	3	60×200×6.1	真空	1200	3
	6	4	60×200×1.3	真空	1200	3
	7	5	60×200×1.3	真空	1300	3
	8	5	60×200×1.3	真空	1150	3
	9	5	60×200×1.3	真空	1050	3
	10	6	60×200×1.3	真空	1200	3
	11	7	60×200×1.3	真空	1200	3
	12	8	60×200×1.3	真空	1200	3
	13	5	60×200×1.3	水素	1200	3
	14	9	60×200×1.3	真空	1200	3
	15	10	60×200×1.3	真空	1200	3
	16	11	60×200×1.3	真空	1200	3
	17	12	60×200×1.3	真空	1200	3

【0038】

【表6】

	No.	サンプル No.	圧延前寸法 (mm)	平行度 (mm)	残留酸素・炭素量 (wt%)		平均 結晶 粒径 (μm)	相対 密度 (%)
					O	C		
実 施 例	1	1	50×167×5.0	0.34	0.1150	0.003	83	99
	2	2	50×167×10.0	0.26	0.1250	0.005	110	99
	3	2	50×167×1.0	0.40	0.1300	0.005	120	99
	4	3	50×167×1.0	0.41	0.1500	0.005	120	99
	5	3	50×167×5.0	0.31	0.1300	0.005	125	99
	6	4	50×167×1.0	0.45	0.1500	0.005	150	99
	7	5	50×167×1.0	0.55	0.1000	0.005	370	100
	8	5	50×167×1.0	0.38	0.1000	0.005	280	99
	9	5	50×167×1.0	0.40	0.1000	0.005	60	92
	10	6	50×167×1.0	0.37	0.1200	0.005	140	99
	11	7	50×167×1.0	0.41	0.1500	0.005	150	99
	12	8	50×167×1.0	0.44	0.1600	0.005	170	99
	13	5	50×167×1.0	0.40	0.0750	0.001	250	99
	14	9	50×167×1.0	0.38	0.0800	0.005	130	99
	15	10	50×167×1.0	0.42	0.1000	0.005	150	99
	16	11	50×167×1.0	0.41	0.1800	0.008	140	99
	17	12	50×167×1.0	0.43	0.1400	0.005	160	99

注1) 平行度は長さ50mmに対する最大そり量を表す。

【表7】

【0039】

	No.	サンプル No.	圧延 状態	焼き 鈍し 温度 (℃)×3h	平均 結晶 粒径 (μm)	磁気特性と鉄損(η)				相対 密度 (%)	適否
						μ _m	B _s (T)	iH _c (Oe)	η (W/kg)		
実 施 例	1	1	◎	1250	900	10000	1.43	0.35	19	100	適
	2	2	×	-	-	-	-	-	-	-	否
	3	2	◎	1250	1000	13000	1.27	0.17	15	100	適
	4	3	◎	1220	1500	15000	1.27	0.20	16	100	適
	5	3	○	1220	1500	18000	1.27	0.16	15	100	適
	6	4	◎	1200	1700	10000	1.00	0.25	17	100	適
	7	5	×	-	-	-	-	-	-	-	否
	8	5	◎	1250	1600	18000	1.26	0.16	13	100	適
	9	5	×	-	-	-	-	-	-	-	否
	10	6	◎	1220	2000	18000	1.24	0.15	13	100	適
	11	7	◎	1210	2100	17000	1.23	0.15	13	100	適
	12	8	◎	1200	2000	18000	1.22	0.15	13	100	適
	13	5	◎	1200	2500	18000	1.26	0.15	13	100	適
	14	9	◎	1200	1900	17000	1.24	0.16	15	100	適
	15	10	◎	1200	2100	18000	1.22	0.15	13	100	適
	16	11	◎	1200	1700	17000	1.20	0.16	14	100	適
	17	12	◎	1200	2300	18000	1.21	0.15	13	100	適

注1)焼き鈍し温度は、最適熱処理温度である。

注2)ワットロスとは周波数5kHzでの鉄損である。

【0040】

【発明の効果】Fe中にSiを3wt%以上含有する珪素鋼は、一般に平均結晶粒径が数mmと大きいために、特に冷間圧延は不可能とされてきた。この発明では出発原料としての珪素鋼金属粉末を用い、該原料粉末に寒天バインダーを添加し、押出成形、焼結して粉末冶金的に作製した板状焼結体の平均結晶粒径を300μm以下にすることにより、圧延時に結晶粒界のすべり変形の後、粒内すべり変形が起こるために、冷間圧延が可能になり、また予めTi, V, Al等の非磁性金属元素を僅かに添加すると、焼き鈍し時に結晶粒の粒成長を促進させることができ、薄い鋼

板の磁気特性は従来の溶製材とほぼ同等になり、磁気特性の優れた珪素鋼板が作製できる。

【0041】要するに、従来から珪素鋼板の圧延は困難とされてきたが、この発明では、平均結晶粒径を微細化し、圧延前の板厚を薄くし、且つ平行度を上げることにより、冷間圧延と打抜き加工が可能となり、しかも方向性をもつので、焼き鈍し後通常の溶製材と同等の優れた磁気特性を有する特徴がある。また、寒天バインダーを使用して押出成形することにより、大型の平板が容易に作製できるので、大量生産が可能となる。

フロントページの続き

- (72) 発明者 榎田 顕
大阪府三島郡島本町江川2丁目15-17 住
友特殊金属株式会社山崎製作所内
- (72) 発明者 西郷 恒和
大阪府三島郡島本町江川2丁目15-17 住
友特殊金属株式会社山崎製作所内
- (72) 発明者 関戸 正勝
静岡県清水市南岡町5番3号

- (72) 発明者 石井 康史
静岡県清水市宮加三704-6-201号
- (72) 発明者 野呂 良久
神奈川県横浜市金沢区並木3-11-1-401
- Fターム(参考) 4K018 AA26 CA09 FA03
4K033 HA01 JA07